

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU  
STRUČNI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

ANTONIA JURŠETIĆ

DRVO, KAMEN, STAKLO – FUNKCIJA, KONSTRUKCIJA, ESTETIKA

ZAVRŠNI RAD

ČAKOVEC, 2017.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU  
STRUČNI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

ANTONIA JURŠETIĆ

DRVO, KAMEN, STAKLO – FUNKCIJA, KONSTRUKCIJA, ESTETIKA

WOOD, STONE, GLASS – FUNCTION, CONSTRUCTION, AESTHETICS

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Jasmina Ovčar, v. pred.

ČAKOVEC, 2017.

## SAŽETAK

*Za gradnju kuće nije potrebno mnogo. Na prvom mjestu želja pa volja, ideja i ono bez čega se ne može – materijal za gradnju. Osnovni cilj ovog rada je prikazati kako se od tradicionalnih i prirodnih materijala može napraviti suvremena kuća. Čak štoviše, od samo tri materijala – drva, kamena i stakla moguće je izgraditi kuću koja ima zadovoljene sve osnovne funkcionalne, konstrukcijske i estetske parametre.*

*U radu je spomenuta povijest materijala, njihov razvoj, vrste i tehnička svojstva. Danas se drvo, kamen i staklo koriste u puno više svrha nego u prošlosti, a ekološke karakteristike važnije su nego ikada do sad. Zakonski i strukovni parametri sve su stroži, a uvjet mogućnosti recikliranja te ponovnog korištenja u nekom drugom obliku gotovo je nezaobilazan. Tako štedimo na samom materijalu, ali i na njihovim izvorima. Čuvamo kamenolome i šume od pretjeranog iskorištavanja i nestajanja.*

*Održivi razvoj širok je pojam koji polazi od svjetonazora, a zahvaća društvo u cjelini. U području graditeljstva odražava se kao održiva gradnja koja podrazumijeva korištenje obnovljivih izvora materijala i energije, što manji negativan utjecaj na zagađivanje okoline te mogućnost ponovnog korištenja materijala čime se, između ostalog, smanjuje i količina otpada. U održivom kontekstu upravo tradicionalni materijali udovoljavaju tim uvjetima te se, unatoč pojavi i raspoloživosti velikog broja suvremenih umjetnih materijala, ponovno vraćaju na tržište i u primjenu. Među takvim materijalima prednjače upravo drvo, kamen i staklo. Ujedno su to i materijali koji u zajedništvu mogu izgraditi kuću, zadovoljavajući pritom funkcionalne, konstruktivne i estetske kriterije, čak i u većoj mjeri nego neki suvremeni umjetni materijali koji pri proizvodnji i korištenju stvaraju negativan otisak na planet Zemlju.*

*Mnogi arhitekti odavno su nastojali gradnju kuća svoditi na tek nekoliko vrsta materijala, spajajući ih u različite konstruktivne i funkcionalne forme, pritom zadovoljavajući vrlo visoke estetske kriterije. „Manje je više“ u graditeljstvu i arhitekturi, kao i u svim područjima umjetnosti, mnogo puta je dokazano kao dobitna kombinacija. Danas je takav pristup iz gledišta održivosti gotovo postao imperativ.*

**Ključne riječi:** *drvo, ekološka svojstva, kamen, održiva gradnja, staklo, upotreba, tehničke karakteristike*

# SADRŽAJ

## SAŽETAK

<b>1. UVOD .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Povijest i povratak prirodnim materijalima .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2. Funkcija, konstrukcija, estetika .....</b>	<b>6</b>
<b>2.OSNOVNA SVOJSTVA GRAĐEVINSKIH MATERIJALA .....</b>	<b>7</b>
<b>3. DRVO KAO GRAĐEVINSKI MATERIJAL .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1. Povijest i vrste drveta .....</b>	<b>8</b>
<b>3.2. Osnovne karakteristike drveta .....</b>	<b>13</b>
<b>3.3. Upotreba drveta u suvremenoj gradnji .....</b>	<b>14</b>
<b>3.4. Ekološke karakteristike drveta .....</b>	<b>15</b>
<b>4. KAMEN KAO GRAĐEVINSKI MATERIJAL .....</b>	<b>16</b>
<b>4.1. Povijest i vrste kamena.....</b>	<b>16</b>
<b>4.2. Osnovne karakteristike kamena.....</b>	<b>21</b>
<b>4.3. Upotreba kamena u suvremenoj gradnji.....</b>	<b>21</b>
<b>4.4. Ekološke karakteristike kamena .....</b>	<b>22</b>
<b>5. STAKLO KAO GRAĐEVINSKI MATERIJAL .....</b>	<b>22</b>
<b>5.1. Povijest i vrste stakla .....</b>	<b>22</b>
<b>5.2. Osnovne karakteristike stakla .....</b>	<b>25</b>
<b>5.3. Upotreba stakla u suvremenoj gradnji .....</b>	<b>26</b>
<b>5.4. Ekološke karakteristike stakla .....</b>	<b>28</b>
<b>6. ODRŽIVA GRADNJA – kuća izgrađena od drveta, kamena i stakla .....</b>	<b>28</b>
<b>6.1. Odnos materijala prema funkciji, konstrukciji i estetici .....</b>	<b>28</b>
<b>6.2. Spoj materijala – međuodnos drvo / kamen / staklo .....</b>	<b>29</b>
<b>7. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>32</b>
<b>LITERATURA.....</b>	<b>33</b>
<b>Popis slika .....</b>	<b>34</b>
<b>Popis tablica .....</b>	<b>35</b>

## 1. UVOD

### 1.1. Povijest i povratak tradicionalnim materijalima

U počecima gradnje, čovjek je kod izbora materijala bio oslonjen na prirodni okoliš. Tradicijsko graditeljstvo jadranskog područja koristi se kamenom i vapnencom kao osnovnim materijalom. U panonskim krajevima se, uz drvo, upotrebljavaju glina i ilovača pomiješane s drugim biljnim materijalima, za gotovo sve elemente kuće, zidove, stropne vitlenice, kao obloga drvenih stijenki kuće te za izvedbu podova. Kao pokrov, na kućama se koristi pšenična i ražena slama, a uz močvarna i riječna područja trska.

U drugoj polovici 19. stoljeća, osnivanjem ciglana, u graditeljstvu se počinje koristiti puna opeka dimenzija 29 cm x 15cm x 7,5 cm.

Na slici 1. prikazana je kuća u Varaždinskim Toplicama izgrađena od tradicijskih materijala te pokrivena slamom.



**Slika 1.** Tradicijska kuća u Varaždinskim Toplicama

*Izvor: <http://zmvt.com.hr/o-ustanovi/>*

Drvo je dugovječan, relativno lak materijal za obradu, a može biti i obnovljivi izvor, tj. može se ponovno iskoristiti u gradnji dok balirana slama ima dobra statička svojstva te je odličan zvučni i toplinski izolator.

Na slici 2. prikazana je suvremena kuća koja koristi tradicijske materijale – drvo, kamen i staklo kao konstruktivne, funkcionalne i estetske komponente.



**Slika 2.** Suvremena kuća izgrađena od kamena, drveta i stakla u Češkoj

*Izvor: <http://freshome.com/stone-glass-wood-house/>*

## 1.2. Funkcija, konstrukcija, estetika

U početnoj fazi projekta analizira se lokacija i njezino okruženje. Prema veličini, obliku i orijentaciji parcele prostor se organizira tako da se dobije funkcionalni odnos cjelina u skladu s planiranom namjenom. Građevine se prema funkciji dijele na vrste stambenih prostorija, na način grupiranja stanova (prema upotrebi, veličini), vrste sadržaja, različite horizontalne i vertikalne položaje te različite orijentacije.

Konstrukcija određene građevine sastoji se od skupa građevinskih elemenata koji pružaju mehaničku otpornost<sup>1</sup> i stabilnost građevine. To su vidljive i nevidljive nosive konstrukcije, odnosno zidovi, grede i stupovi, betonske, drvene ili metalne izvedbe.

Estetika građevine je rezultat funkcije, konstrukcije i njihovog oblikovanja. U estetiku se ubraja završni izgled kuće, prostorije ili nekog predmeta. Važno je da estetika jedne građevine ne narušava estetski sklad ostalih građevina u blizini, da se ne ističe previše svojim izgledom od ostatka.

---

<sup>1</sup> mehanička otpornost – otpornost svakog dijela konstrukcije temeljena na tri faktora: čvrstoći, stabilnosti i krutosti

## 2. OSNOVNA SVOJSTVA GRAĐEVINSKIH MATERIJALA

Čvrstoća materijala je sposobnost određenog materijala da se odupre djelovanju unutrašnjih sila naprezanja koje se javljaju pod utjecajem opterećenja. Čvrstoća materijala se ocjenjuje na osnovi maksimalnog opterećenja pri kojem nastupa razaranje materijala. Razlikujemo aksijalnu čvrstoću (tlačnu i vlačnu) i posmičnu. [1]

Tvrdoća materijala je otpornost materijala prema plastičnoj deformaciji. Predstavlja otpornost materijala prema prodiranju nekog drugog, znatno tvrdjeg tijela, bez promjene oblika i volumena. Svojstva koja utječu na tvrdoću su građa i vrsta drveta, količina vlažnosti i količina smole u drvetu, zatim dio stabla gdje se uzorak uzima. Tvrdoću dijelimo na vrlo meku (smreka), meku (ariš), srednje tvrdu (brijest), tvrdu (bukva) i vrlo tvrdu (šimšir). [2]

Žilavost materijala je sposobnost materijala da pri naprezanju trpi deformacije bez pucanja. Ukoliko je građa drveta pravilnija, njegova žilavost je veća. Na stupanj žilavosti utječe vlažnost drveta - drvo koje je sirovo žilavije je, a kako ono stari, tako opada i njegova žilavost. [1]

Elastičnost je svojstvo materijala da nakon otklanjanja naprezanja u cijelosti vrati svoj prvotni oblik. Drvo koje ima pravilan oblik godova i vlakana ima veću elastičnost. Faktori koji utječu na elastičnost su vrsta i građa drveta te njegova težina. Mlado drvo je elastičnije od starog drveta, a suho drvo je elastičnije od vlažnog drveta. [1]

Plastičnost je svojstvo materijala da pri određenom naprezanju trenutno poprima deformacije bez povećanja naprezanja. [1]

Relativna otpornost na habanje je omjer između otpornosti na trošenje ležajnog materijala i referentnog materijala koji se nalaze u sličnim uvjetima trošenja. Ovisi o tvrdoći i građi drveta te o veličini, broju i rasporedu pora u drvetu. [1]

Otpornost na atmosferilije je otpornost materijala na vremenske uvjete kojima je izložen. Predstavlja otpornost nekog materijala, odnosno njegovu neotpornost na kišu, snijeg, vjetar i ostale vremenske uvjete i nepogode kojima su materijali izloženi tijekom cijelog svojeg životnog vijeka. [1]

### 3. DRVO KAO GRAĐEVNI MATERIJAL

*„Drvo je dar prirode koji čovjek prisvaja sječom i obaranjem stabala, pa dosta lakom obradom pripravlja drvenu građu. Daljnjom obradom, krojenjem, oblikovanjem i sastavljanjem dijelova, dobivaju se od drvene građe predviđeni elementi, odnosno različite drvene konstrukcije.“ (Peulić, 2013)*

#### 3.1. Povijest i vrste drva

Drvo je čovjeku oduvijek potrebno, najprije za ogrjev, izradu oruđa i oružja, a zatim za izradu raznih pomagala i vozila. Kod izrade drvenih građevinskih konstrukcija, drvo je oduvijek bilo jedan od najčešće i najviše korištenih materijala.

U pretpovijesnom dobu<sup>2</sup>, osim prirodnih spilja, za nastambe su ljudi kopali roveve u zemlji i pokrivali ih drvenim trupcima i granjem ili su oko kružno iskopanih jama zabijali drvene kolce koje su povezivali pletrom od šiba i omazivali blatom – takve nastambe nazivamo zemunicama, slika 3. Uz zemunice, podizali su nastambe na drvenim stupovima iznad vodenih površina; uz obale mora, rijeka, jezera, potoka i močvara koje nazivamo sojenice, slika 4. [2]



**Slika 3. Zemunica**

*Izvor: [www.enciklopedija.hr](http://www.enciklopedija.hr)*



**Slika 4. Sojenica**

*Izvor: [www.enciklopedija.hr](http://www.enciklopedija.hr)*

Mladica drveta niče iz sjemenke ili raste iz izdanka korijena te se razvija u stablo koje se sastoji od tri dijela: korijena sa žilama koje se nalaze u zemlji, debla i krošnje. Stabla se razlikuju izgledom, veličinom i krošnjama, imaju različita svojstva drvene mase, stoga se dijele

---

<sup>2</sup>pretpovijesno doba – predstavlja doba koje počinje otkrićem prvog oruđa, oko 2 500 000 godina prije Krista, a završava početkom ljudske pismenosti, 3500 godina prije Krista



po rodovima, a rodovi se dijele u vrste. Najčešće ih dijelimo na dva glavna roda, crnogoricu i bjelogoricu.

Crnogorica (crnogorično drvo, četinari<sup>3</sup>) je drvo koje ne odbacuje svoje lišće (iglice), već ono ostaje na granama tijekom cijele godine. Glavne vrste drveća iz ovog roda koje se koriste za građevinske radove su: jela, smreka, bor i ariš. [2]

Najrasprostranjenije crnogorično drvo je jela koja može narasti do 40 m visine, a promjera do 1 metar. Krošnja je piramidalnog oblika, a kako drvo stari, taj oblik prelazi iz piramidalnog u valjkasti. Kora je glatka, bijelo-sive boje. Drvo jelovog stabla naziva se jelovina. Na slici 5. može se vidjeti da je u poprečnom presjeku žućkasto-bijele boje s jasnim crvenkastosmeđim kružnim godovima<sup>4</sup> i srcem. Drvo jele je lagano, mekano i elastično, lako se cijepa i obrađuje. Jelovina se u prvom redu upotrebljava za pomoćne konstrukcije kao što su skele i oplata, a u tradicionalnoj gradnji koristi se i za izradu krovišta, brodskih podova i profiliranih letvica. [2]



**Slika 5.** Presjek debla jele

*Izvor: <http://serc.carleton.edu/trex/students/index.html>*

Smreka (omorika) je visoko stablo s ravno istaknutim granama koje tvore krošnju piramidalnog oblika. Kora je crveno-smeđe boje, a visina do koje raste je 40 metara. Drvo se naziva smrekovina, u uzdužnom se presjeku na drvetu vide smolasti kanali. Smrekovina ima jak miris smole zbog koje je otpornija na propadanje.

---

<sup>3</sup>četinari, četinjače – usko lišće i iglice, ravni godovi

<sup>4</sup>godovi – jedan god nastaje u jednom vegetacijskom razdoblju (jednoj godini), više godina predstavlja više godina, njihova širina ovisi o vrsti i zdravstvenom stanju drveta

Kvrgavija je od jelovine. Upotrebljava se za izradu pomoćnih konstrukcija, kao i jela, te za izradu stolarije, furnira i drvenih glazbala, slika 6. [2]



**Slika 6.** Presjek debla smreke

*Izvor: <http://irisgroup.info/en/smereka/>*

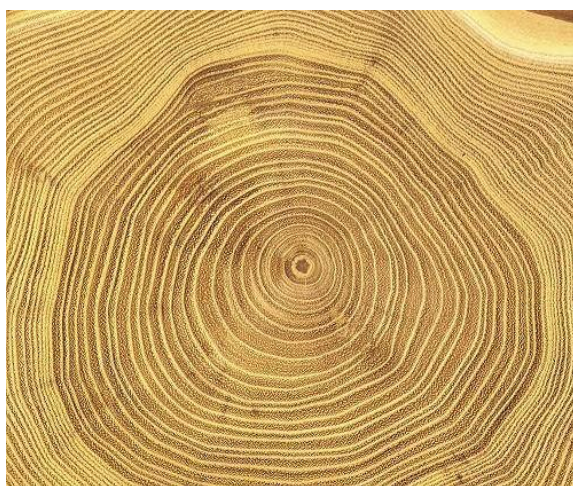
Bor se dijeli na bijeli (obični) i na crni bor. Raste do 30 m visine, a prosječan promjer mu je oko 30 cm. Kod bijelog bora kora grana i debla je crveno-smeđe boje, prepoznatljiva po tome što je duboko ispucana. Najviše raste na pješčanom tlu u šumama nižih gora dok crni bor raste na vapnenačkim gorama. Kora mu je s vanjske strane sive boje, a s unutarnje strane crvenkasta. Čvrstoća, tvrdoća, smolavost i trajnost bora su najveće među crnogoričnim drvećem, ali se borovina teže obrađuje. Upotrebljava se u niskogradnji za drvene mostove i slične konstrukcije dok se u visokogradnji upotrebljava za konstrukcije koje su izložene čestom vlaženju i sušenju, najčešće vrata i prozori, zatim podovi za terase, čak i za palube brodova. [2]



**Slika 7.** Presjek debla bora

*Izvor: <https://www.shutterstock.com/image-photo/cross-section-pine-tree-106361834>*

Ariš raste u visinu do 40 m. Ima razmjerno tanke grane koje tvore krošnju u obliku piramide. Svake jeseni četine s ariša otpadaju i ponovno potjeraju u travnju što ariš čini izuzetno listopadnim drvetom u rodu crnogorice. Drvo se naziva ariševina, u poprečnom presjeku vidi se žuta bjelikovina oštro odvojena od crvenkastosmeđe jezgre. Ima mnogo smole, ali nije primjetna kao u drugih vrsta. Uz dobre karakteristike tvrdoće, čvrstoće i trajnosti, velika prednost ariševine je što je ne napada crvotočina. Upotreba joj je jednaka kao i kod borovine, a koristi se puno kod vodogradnje i brodogradnje te za potkonstrukciju podova. [2]



**Slika 8.** Presjek debla ariša

*Izvor: <http://photographersdirect.com/buyers/stockphoto.php?image=1881677>*

Bjelogoricom nazivamo stabla kojima u jesen otpada lišće. Neka od listopadnog drveća su: hrast, brijest, bagrem, bukva, javor, jasen, grab, lipa, breza, topola i jablan. Za građevinske radove, od ovdje navedenih, najčešće se upotrebljavaju hrast i bukva te u znatno manjoj količini brijest.

U europskoj flori je poznato 28 vrsta hrasta dok u Hrvatskoj raste devet vrsta (iznimno se može pojaviti još neka vrsta), od kojih se u građevinskim radovima upotrebljavaju hrast lužnjak i hrast kitnjak. Lužnjak ima čvršća i trajnija svojstva. Stablo hrasta je karakteristično zbog kore sivo-smeđe boje koja je duboko ispucana te zbog krivudavih grana koje tvore veliku krošnju. Raste prosječno do 40 metara, iako može narasti i duplo više (stabla stara više stoljeća).

Hrastovina je elastično drvo, tvrdo i čvrsto, otporno na razne vremenske uvjete jer sadrži tanin. U poprečnom presjeku, slika 9, vidi se prsten žućkaste bjelikvine dok je ostala

površina crvenkasto ili sivo-smeđa jezgra. Lako se obrađuje, ali mu je mana što je laka meta crvotočine. Upotrebljava se za izradu građevinske stolarije, namještaja i parketa. [2]



**Slika 9.** Presjek debla hrasta

*Izvor: [https://www.123rf.com/photo\\_9104826\\_crossection-of-an-oak-tree-trunk.html](https://www.123rf.com/photo_9104826_crossection-of-an-oak-tree-trunk.html)*

Bukva raste u nižim gorama, u isključivo bukovim šumama ili u mješovitim šumama s jelom i smrekom. Stablo doseže visinu do 40 m, a promjer do 1 metra. Kora je bjelkastosive boje, debela i glatka. Bukvino drvo naziva se bukovina, svjetložute je do crvenkaste boje, bez vidljive razlike između bjelikovine i jezgre, slika 10. Bukovina ima odlična svojstva čvrstoće i savijanja, ali mana ovog drveta je vitoperenje i sklonost crvotočini. Upotrebljava se kao stolarsko drvo, a koristi se i za izradu željezničkih pragova, mosnica i kocka za taracanje. Bukovi furniri koriste se za izradu šperploča. [2]



**Slika 10.** Presjek debla bukve

*Izvor: [https://www.123rf.com/stock-photo/beech\\_tree.html](https://www.123rf.com/stock-photo/beech_tree.html)*



### 3.2. Osnovne karakteristike drveta

Gustoća drveta u suhom stanju iznosi  $500 - 600 \text{ kg/m}^3$  za četinjače, a za listače<sup>5</sup> iznosi  $800 - 1000 \text{ kg/m}^3$ . Vlažnost drveta je stalno promjenjiva uslijed njegove higroskopnosti<sup>6</sup>. Kada upija vlagu iz okoline, drvo bubri. Porastom vlage, povećava se i vodljivost topline drveta. Drvo je relativno lagano te ima poroznu strukturu pa je loš vodič topline,  $\lambda=0,10-0,20 \text{ W/mK}$ . [2]

Tvrdoća i otpornost na habanje rastu porastom gustoće drveta, a kod povećanja vlažnosti drveta padaju. Teže drvo je tvrđe te je otpornije na habanje.

Tlačna čvrstoća je 5 do 10 puta veća u smjeru vlakana nego što je okomito na njih, vlačna čvrstoća je 20 do 30 puta veća dok je čvrstoća na smicanje 3 do 4 puta veća u smjeru vlakana. Ako je drvo gušće (teže), ono je i elastičnije te tvrđe i čvršće. Modul elastičnosti<sup>7</sup> drveta koje se upotrebljava za gredne elemente izložene savijanju je  $9 - 12 \text{ MPa}$  u smjeru vlakana. U grupi vrlo elastičnog drveta nalaze se: bagrem, breza, ebanovina, jasen, lipa i orah dok su bukva, hrast, javor i smreka najmanje, tj. slabo elastične vrste drveta. [2]

U tablici 1. prikazana su osnovna tehnička svojstva najzastupljenijih vrsta drveta (crnogorice i bjelogorice) koja se koriste u gradnji; čvrstoća, tvrdoća, elastičnost te otpornost na habanje.

**Tablica 1.** Tehnička svojstva drveta

Vrsta drveta	ČVRSTOĆA	TVRDOĆA	ELASTIČNOST	OTPORNOST NA HABANJE
Jela	39,6 MPa	338 kp/cm <sup>2</sup>	10,24 GPa	0,40
Smreka	32,6 MPa	265 kp/cm <sup>2</sup>	9,07 GPa	1,00
Bor	39,0 MPa	345 kp/cm <sup>2</sup>	9,69 GPa	0,74
Ariš	52,0 MPa	376 kp/cm <sup>2</sup>	11,80 GPa	0,80
Hrast	50,8 MPa	651 kp/cm <sup>2</sup>	12,15 GPa	0,40
Bukva	57,0 MPa	780 kp/cm <sup>2</sup>	14,31 GPa	0,26

*Izvor: autorska obrada*

<sup>5</sup>listače – razvijeno široko lišće, struktura vlakana i godova složenija je nego kod lišća četinjača

<sup>6</sup>higroskopnost – sposobnost apsorpiranja vlage iz zraka

<sup>7</sup>modul elastičnosti – predstavlja mjeru krutosti materijala

### 3.3. Upotreba drveta u suvremenoj gradnji

Tehničko drvo iskorištava se najviše za izradu konstruktivnih elemenata drvene građe koja se koristi u niskogradnji i visokogradnji. Konstruktivni elementi koji se najviše koriste su grede, letvice i razni profili, a izrađuju se drvena krovšta, stupovi, potpuno drveni zidovi i kuće koje uz svoju primarnu funkciju i konstrukciju pružaju estetski ugodan prizor koji se lijepo uklapa u prirodu. Na slici 11. prikazana je kuća koja ima i konstruktivne i estetske komponente izrađene od drvene građe.



**Slika 11.** Kuća napravljena od drveta

*Izvor: <http://www.weiku.com/products-image/20767790/wooden-house-cheops-802wd.html>*

Koriste se vrata i prozori drvenog okvira, vanjski i unutarnji podovi – laminati i parketi, zidne obloge, lamperija, brodski pod i poluoblice, a vrlo tražene su i drvene fasade zbog estetski privlačnog izgleda. Od drveta se može izraditi kuhinjski namještaj, spavaće sobe i sav ostali namještaj te je, zahvaljujući karakteristikama materijala, moguće stvoriti vrlo privlačne, estetski kvalitetne unutarnje prostore zgrada koji odišu posebnom toplinom i prirodnošću. Na slici 12. prikazana je dnevna soba koja ostavlja dojam ladanjske kuće u šumi, a u stvarnosti ona može biti tipična gradska, suvremena kuća za koju je umjesto suvremenih materijala (beton, armirani beton, čelik, plastika i sl.) odabrano drvo kao osnovni građivi i estetski element oblikovanja. Na slici 13. prikazano je uređenje kuhinje sa svim potrebnim elementima, također od drveta. Pritom kuhinjski elementi i cjelokupan prostor nisu izgubili na funkcionalnosti ili suvremenosti, već naprotiv – postignut je efekt prirodnosti i posebnog ugođaja. Od većine vrsta drveta mogu se izrađivati i razni sitni detalji, kao i pomagala koja se koriste u kućanstvu.

**Slika 12.** Dnevna soba s drvenim detaljima

Izvor: [http://www.designmag.it/foto/arredare-uno-chalet-di-montagna\\_7323\\_28.html](http://www.designmag.it/foto/arredare-uno-chalet-di-montagna_7323_28.html)

**Slika 13.** Kuhinjski elementi od drveta

Primjeri uporabnih predmeta u kućanstvu, izrađeni od drveta, kao što su drvena vaza, zidni sat, kuhača i sl. prikazani su na slikama 14., 15. i 16.

**Slika 14.** Vaza

Izvor: [www.livemaster.com](http://www.livemaster.com)

**Slika 15.** Zidni sat

Izvor: [www.rejuvenation.com](http://www.rejuvenation.com)

**Slika 16.** Kuhača

Izvor: [www.olivetta.biz](http://www.olivetta.biz)

### 3.4. Ekološke karakteristike drveta

Do prošlog stoljeća sječa šuma se nije planirano izvodila, na nekim mjestima posječene su kompletne šume pa je poremećena prirodna ravnoteža, što je dovelo do erozije tla, ali i do negativnog utjecaja na sav biljni i životinjski svijet. Danas se vodi velika briga o očuvanju šumskog fonda, o što većoj štednji drveta u svim djelatnostima i o obnovi posječenih površina pošumljivanjem. Unatoč raznim modernim načinima gradnje, u građevnoj industriji se i dalje koriste velike količine drvenog građevnog materijala, ali se njegova upotreba ograničava na manje građevine. Prednost drveta je što se može koristiti više puta, odnosno, reciklirati. Na primjer, kada rušimo staru, dotrajalu kuću, drvo (grede, stupove) možemo izuzeti, obraditi i kasnije uz dodatnu preradu i obradu ponovno upotrijebiti kod gradnje neke nove kuće ili u druge svrhe.

## 4. KAMEN KAO GRAĐEVNI MATERIJAL

*„Postoje kiklopski zidovi na jugoistoku i megalitski spomenici na sjeverozapadu Europe iz mlađeg kamenog i brončanog doba. Dobro su poznate i mnogim sačuvanim primjerima dokumentirane klasične građevine starog vijeka, ranokršćanske, romaničke i gotičke građevine srednjeg vijeka te građevine renesanse, baroka i klasicizma novog vijeka. U tom razvoju, dužem od četiri milenija, kamen je glavni konstruktivni i dekorativni element čija je obrada dotjerana upravo do savršenstva...” (Peulić, 2013)*

### 4.1. Povijest i vrste kamena

Korištenje kamena datira od samih početaka života na Zemlji. Koristio se kao oružje, alat, a u mlađem kamenom dobu ili neolitiku kao mjesto za stanovanje – pećine. U tradicijskoj arhitekturi kamen se koristio za izradu konstruktivnih elemenata, izradu pločnika i ulica, ali i dekoracija te je kroz tisuće godina uporabe ostavio trag, kako u graditeljstvu općenito, tako i u umjetnosti. [2]

Na slici 17. prikazana je Djoserova piramida koja je sagrađena prije 4600 godina u Sahari. Smatra se prvom piramidom na svijetu koja je sagrađena od obrađenih blokova prirodnog kamena.



**Slika 17.** Djoserova piramida

Izvor: <http://www.ancient-origins.net>



Prema porijeklu, kamen se dijeli na magmatski<sup>8</sup> (granit, gabro, bazalet), sedimentni<sup>9</sup> (pješčenjaci, vapnenci) i na metamorfni<sup>10</sup> (mramori, serpentin). Dok se prema primjeni dijeli u dvije skupine: tehnički građevni kamen i arhitektonski kamen. Tehnički građevni kamen je geomaterijal, iz skupine nemetalnih mineralnih sirovina.

Stijene se miniraju, nakon toga se vadi kamen. Koristi se kao sirovina kod proizvodnje drugih građevinskih materijala, kao vezivo – šljunak i pijesak, drobljeni kamen, kamena sitnež, lomljeni kamen za zidanje, lomljeni kameni agregat za izradu betona, tucanik za izradu zastora željezničkih pruga. [9]

Arhitektonski kamen se dijeli na još dvije skupine, silikatni i karbonatni kamen, ali takva podjela se ne koristi, već se silikatni kamen na tržištu pojavljuje pod nazivom graniti zbog svojeg magmatskog i metamorfnog porijekla. Karbonatni kameni su na komercijalnom tržištu poznati pod nazivom mramori.

Granit se sastoji većinom od kvarca, feldspata i biotita koji je odgovoran za kontrast između boja. Boje se kreću od svjetlocrvene, crvene, žute, plavo-sive do zelene. Trajnost mu je vrlo dobra, zadržava dekorativnost i sjaj te je nepromjenjiv u svim uvjetima. [3]

Mramor je metamorfni produkt sedimentnih stijena. Glavni sastojak ovog kamena čini kalcit. (od 50 do 80 %). Pravi mramor je bijele boje, većinom sadrži tragove drugih boja kao i nečistoća. [3]

Na slici 18. prikazane su vrste granita, odnosno njegove boje i uzorci. Granit je vrlo zahvalan materijal za izvedbu svih radova na otvorenom, vanjskom prostoru zbog njegove izuzetne otpornosti na atmosferilije, a posebno veliku otpornost ima na habanje i na smrzavanje. Na slici 17. prikazane su neke od vrsta mramora iz kojih je vidljiva paleta boja, strukture i tragovi drugih boja koje se često „protežu“ kroz ovu vrstu kamena. Obzirom da nema karakteristike u pogledu otpornosti na atmosferilije kao granit, ova vrsta kamena izuzetno je povoljna i estetski preporučljiva za uređenje unutarnjih prostora, kao i za dekorativne predmete.

---

<sup>8</sup>magmaški kamen – nastao je iz magmaških stijena koje su nastale kristalizacijom iz magme ili lave

<sup>9</sup>sedimentni kamen – nastao je od sedimentnih odnosno taložnih stijena koje su sastavljene od dijelova prije postojećeg kamenja i minerala

<sup>10</sup>metamorfni kamen – nastao je od metamorfnih stijena koje nastaju izmjenom, odnosno metamorfozom starijih stijena pri povišenoj temperaturi i tlaku



**Slika 18.** Vrste granita

*Izvor: [www.gemgraniteandmarble.co.uk](http://www.gemgraniteandmarble.co.uk)*



**Slika 19.** Vrste mramora

*Izvor: [www.rigoulet.fr](http://www.rigoulet.fr)*

U Hrvatskoj nema ležišta kamena silikatnog sastava koja bi bila eksploatibilna<sup>11</sup> kao ležišta arhitektonsko-građevnog kamena, a nema ni ležišta mramora. S obzirom na petrografski<sup>12</sup> sastav i geološku građu, a s gledišta postojanja ležišta arhitektonsko-građevnog kamena, Hrvatska se dijeli u 5 različitih regija koje možemo vidjeti na slici 20.



**Slika 20.** Karta regija s obzirom na postojanje ležišta arhitektonsko–građevnog kamena

*Izvor: [www.hgi-cgs.hr](http://www.hgi-cgs.hr)*

Najpoznatiji kamenolomi u Republici Hrvatskoj nalaze se na otoku Braču. U kamenolomu Sivac eksploatira se sivkasto-bijeli vapnenac koji je u Hrvatskoj poznat pod nazivom samog kamenoloma - Sivac dok se na inozemnom tržištu pojavljuje kao Adria Grigio s inačicama Unito, Macchiato i Venato. U kamenolomu Kupinovo se eksploatira bijeli „brački kamen“ koji je još poznat pod imenima Kupinovo Unito i Kupinovo Fiorito. Poznati brački kamen nalazi se na mnogim građevinama širom svijeta, često kao ukrasni dio pročelja. Isto tako, poznate su i izvedbe dekorativnih i primjenjivih predmeta upravo od ove vrste kamena, kojima se čak i kroz turističku ponudu, najčešće na našoj obali, promovira naš kvalitetan, autohtoni kamen. Poznati kamenolomi su još i Radlovac u Slavoniji, Kanfanar u Istri, Mrkovac u Gorskom kotaru, a u Hrvatskom zagorju posluje mnoštvo manjih kamenoloma.

<sup>11</sup>eksploatacija (franc.) - iskorištavanje prirodnih bogatstava, prometnih sredstava, ljudi, naroda i slično

<sup>12</sup>petrografski sastav, petrografija - grana petrologije koja se bavi opisom, sustavnom klasifikacijom i raširenošću

Na slici 21. prikazane su gromade bijelog bračkog kamena iz kojeg se različitim načinima i metodama obrade izrađuju kamene ploče, kameni ukrasi, ograde i sl. Slikom 22. prikazani su kameni detalji obrade fasade zgrade, a slikom 23. sve učestalije imitacije kamena, zbog estetski privlačnog i sofisticiranog izgleda, a cijenom mnogo pristupačnije od pravog kamena.



**Slika 21.** Bijeli brački kamen

*Izvor: [www.brackikamen.hr](http://www.brackikamen.hr)*



**Slika 22.** Kameni detalji na fasadi

*Izvor: [www.stonepanel.hr](http://www.stonepanel.hr)*



**Slika 23.** Imitacija kamena

*Izvor: [www.rustik-kamen.hr](http://www.rustik-kamen.hr)*



## 4.2. Osnovne karakteristike kamena

Po tvrdoći kamena razlikuju se tvrdi i mekani kamen, odnosno eruptivno kamenje i sve ostale vrste kamena. Gustoća kamena ovisi o njegovoj strukturi – poroznosti ili kompaktnosti, a može iznositi od 60 do 250 MPa. Čvrstoća na vlak i savijanje je vrlo mala, stoga se kamen ne koristi u konstrukcijama izloženim vlačnim silama i savijanju. [2]

Dobar je vodič topline. Kameni pod je hladan pod jer odvodi toplinu. Kamen na temperaturi iznad 550 °C puca i raspada se na vapnenac, također, kod većih dužina opločenja pri povišenoj temperaturi dolazi do temperaturnog rastezanja<sup>13</sup>. Kamen je odličan materijal za podne obloge i stubišta zbog svoje velike otpornosti na habanje. [2]

## 4.3. Upotreba kamena u suvremenoj gradnji

Kamen je trajan i čvrst materijal, ali s druge strane je težak za obradu i ugradnju te je skup, stoga se zbog estetski ugodnog izgleda najviše koristi za opločenje podova i kao fasadna ili interijerska obloga. U suvremenoj gradnji dolazi do masovne upotrebe lomljenog i drobljenog kamena koji se, između ostalog, koristi kao donji sloj kod izgradnje cesta i željezničkih pruga te kao „kocka“ kod gornjeg (završnog) sloja kod izgradnje prilaznih putova u dvorištima i oko kuća. U tablici 2. prikazana su osnovna svojstva (tlačna i vlačna čvrstoća, elastičnost, otpornost na habanje i otpornost na atmosferilije) glavnih vrsta kamena (granit, mramor i vapnenac).

**Tablica 2.** Tehnička svojstva kamena

Vrsta kamena	TLAČNA ČVRSTOĆA	VLAČNA ČVRSTOĆA	ELASTIČNOST	OTPORNOST NA HABANJE	OTPORNOST NA ATMOSFERILIJU
Granit	130-270 N/mm <sup>2</sup>	5-18 N/mm <sup>2</sup>	0,8 mm/100K	5-8 cm <sup>3</sup> /50cm <sup>2</sup>	normalna
Mramor	75-240 N/mm <sup>2</sup>	3-19 N/mm <sup>2</sup>	0,3-0,6 mm/100K	15-40 cm <sup>3</sup> /50cm <sup>2</sup>	normalna
Vapnenac	75-240 N/mm <sup>2</sup>	3-19 N/mm <sup>2</sup>	0,75 mm/100K	15-40 cm <sup>3</sup> /50cm <sup>2</sup>	ovisno o vrsti

*Izvor: autorska obrada*

<sup>13</sup>temperaturno rastezanje – gornja granica nakon koje materijal pod utjecajem povišene temperature počinje gubiti svoj oblik

#### 4.4. Ekološke karakteristike kamena

Kamen se smatra građevinskim materijalom budućnosti zbog svojih dobrih svojstava u vidu trajnosti, otpornosti i izdržljivosti. Uz to, dostupan je jer je rasprostranjen po cijeloj kugli zemaljskoj, a proces vađenja ne zagađuje okoliš, ne uništava floru i faunu kao što je, na primjer, slučaj sa sječom šuma. [2]

Najvažnija ekološka kvaliteta kamena je da je to materijal koji se može reciklirati i koristiti više puta u gradnji ili uređenju građevine i raznih detalja, ali kamen nema obnovljive izvore i kad se jednom izvadi, na tom mjestu neće nastati novi kamen pa je važno da se kameni izvori štede i da se isti kamen iskorištava dokle god je to moguće.

### 5. STAKLO KAO GRAĐEVNI MATERIJAL

*„Gotovo svugdje na svijetu danas određuju sijajuće staklene fasade sliku grada. Sa svojim glatkim površinama i usklađenim dizajnom, su staklene građevine za modernizaciju i arhitektonsku eleganciju. Staklo stvara transparentnost, omogućuje dnevnoj svjetlosti da prodre duboko u prostore te stvara temelj za ugodan život i radnu klimu...” (Sebastian Pflügge, 2013)*

#### 5.1. Povijest i vrste stakla

Povijesna priča kaže da su staklo prije 7000 godina izumili Feničani. Staklo može nastati na prirodan način, erupcijom vulkana ili udarom munje, a ako se kamenje dovoljno zagrije, takvo staklo naziva se vulkansko staklo ili opsidijan. [9]



**Slika 24.** Vulkansko staklo

Izvor: [www.geologyin.com](http://www.geologyin.com)

Rimljani su uveli staklo u arhitekturu. Iako je kvaliteta njihovih prozorskih stakala bila vrlo loša, ostakljeni prozori su se smatrali statusnim simbolom. U počecima su boje prozorskih stakala bile u tonovima zelene, plave i smeđe boje. Oko 1000. godine crkve dobivaju staklene prozore, a pravi procvat staklarstvo doživljava početkom 16. stoljeća. [4]

Najpoznatije staklo je float staklo – obično staklo lošije kvalitete, može biti debljine od 2 pa sve do 25 mm, koristi se za izradu ogledala i gotovo svih ostalih staklarskih proizvoda te u građevinarstvu.



**Slika 25.** Obično staklo

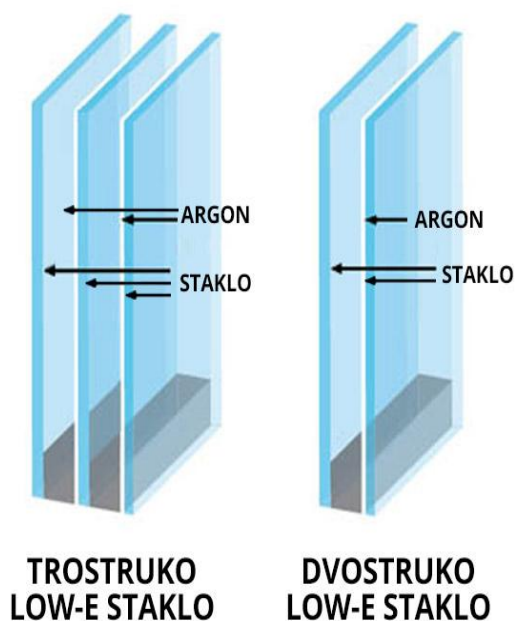
*Izvor: [www.glassinchina.com](http://www.glassinchina.com)*

Lamelirano staklo sastoji se od dvije ili više staklenih ploha koje su spojene tankim folijama debljine 0.38 mm. Takvo staklo smanjuje unos buke i štiti od štetnog djelovanja UV zraka. [4]

Izolacijsko ili izostaklo je najrašireniji oblik primjene stakla. Izrađuje se od dva float stakla minimalne debljine 4 mm, a danas se obična stakla sve više zamjenjuje drugim, kvalitetnijim vrstama stakla kao što su na primjer kaljeno, pjeskareno i termoizolirajuće staklo. U međuprostoru se nalazi zrak koji se puni plemenitim plinovima argonom, ksenonom i kriptonom. Između stakala se radi ljepšeg izgleda mogu staviti ukrasni profili raznih oblika, najčešće su to zlatne mesing ili bijele lajsne širine 10, 18 ili 26 mm. [4]

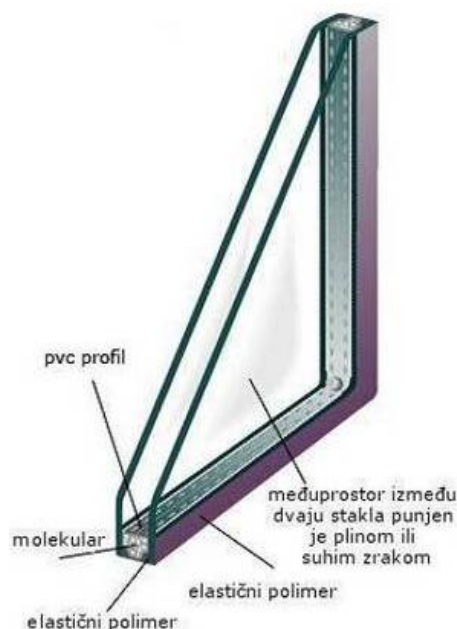
Low-e ili niskoemisijsko staklo je termoizolirajuće staklo koje smanjuje gubitak topline za 60 % u odnosu na klasično izostaklo. Na površini stakla nalazi se nanos tankog sloja metalnog oksida koji djeluje kao reflektor i zadržava temperaturu u prostoriji. [4]

Na slikama 26. i 27. vidljivi su presjeci stakala, dijelovi od kojih su napravljeni te plinovi kojima su stakla punjena.



**Slika 26.** Presjek niskoemisijskog stakla

*Izvor: [www.kajfa.hr](http://www.kajfa.hr)*



**Slika 27.** Presjek izolacijskog stakla

*Izvor: [www.pvc-stolarija.hr](http://www.pvc-stolarija.hr)*

Kaljeno staklo je termički obrađeno staklo koje ima mehaničku otpornost 5 puta veću nego obično staklo. U slučaju loma rasipa se u mala zrnca tupih rubova te tako štiti od ozljeda.

Mat staklo napravljeno je na način da je jedna njegova površina obrađena kiselinom i stoga ne reflektira vanjsku svjetlost izravno, već je raspršuje po površini.

Reflektirajuće ili metalik staklo je staklo koje na sebi ima metalizirajući nanos te pomoću njega razdjeljuje sunčevu energiju tako da jedan dio apsorbira, drugi reflektira, a treći dio prolazi kroz staklo.

Vatrootporno staklo izrađuje se od više slojeva stakala lijepljenih folijom, štiti od plamena i topline te osigurava susjedne prostorije od požara.

Armirano (žičano) staklo napravljeno je tako da u sredini sadrži žicu koja, u slučaju razbijanja stakla, zadržava komadiće stakla na sebi, standardna mu je debljina 6 mm. [4]



Nosivo staklo nastalo je višestrukim lameliranjem. Estetski je vrlo privlačan materijal za nosive konstrukcije jer pruža vrlo moderan i sofisticiran izgled, na primjer, kod izvedbe staklenih konstrukcija zidova ili kod međuetaznih konstrukcija staklenih podova. Na slici 28. prikazane su staklene grede koje se mogu napraviti od lameliranog i kaljenog stakla. Ako je staklo kaljeno, najveći raspon grede seže do 3,9 metara, a kod lameliranog stakla do 4,5 metara. Dimenzionirane su tako da čelični kablovi drže vlačna naprezanja, a stakleni dio preuzima tlačna naprezanja. [5]



**Slika 28.** Staklene grede

*Izvor: [www.visionagi.co.uk/products/](http://www.visionagi.co.uk/products/)*

## 5.2. Osnovne karakteristike stakla

Najmanja tlačna čvrstoća je kod float stakla i iznosi  $45 \text{ N/mm}^2$  dok je najveća kod kaljenog stakla i iznosi  $120 \text{ N/mm}^2$ , ali čvrstoća ovisi i o prethodnoj obradi stakla, također, sva mikro- i makrooštećenja na površini stakla smanjuju njegovu tlačnu čvrstoću.

Staklo se ne može savijati, kada dobije određeni oblik, više ga se ne može mijenjati. Ne gori, nije zapaljivo, otporno je na koroziju, ne apsorbira vlagu, a postojano je i u većini kiselina i lužina. [4]

Tablicom 3. prikazana su osnovna tehnička svojstva stakla.

**Tablica 3.** Osnovna tehnička svojstva stakla

Vrsta materijala	ČVRSTOĆA	TVRDOĆA	ELASTIČNOST	OTPORNOST NA HABANJE	OTPORNOST NA ATMOSFERILJE
Staklo	4000 N/cm <sup>2</sup>	6-7 po Mohsu	70000 N/mm <sup>2</sup>	ravnomjerna	velika

*Izvor: autorska obrada*

### 5.3. Upotreba stakla u suvremenoj gradnji

Staklo se u današnje vrijeme može koristiti kao materijal za sve konstruktivne i dekorativne dijelove kuće ili neke druge građevine. Dokaz tome je i staklena kuća koja je prikazana na slici 28., „The Glass House“ američkog arhitekta Philipa Johnsona, sagrađena 1949. godine na njegovom imanju u New Canaanu, na rubu grebena s kojeg se pruža pogled na jezero.



**Slika 29.** The Glass House, New Canaan

*Izvor: [www.theglasshouse.org](http://www.theglasshouse.org)*

Staklene stijene daju prostoru moderan i prozračan izgled, također, propuštaju svjetlost u prostoriju i pružaju pogled na vanjski svijet.

Stakleni krovovi pružaju terasama prirodnu svjetlost, ali i zaštitu od lošeg vremena uz potpuni doživljaj prirode i okoline. Mogu se ugraditi i stakleni pomični krovovi koji se, kada korisnik poželi uživati u sunčevom sjaju, otvore. Slično tome, ugrađuju se i staklene krovne kupole kojima je glavna svrha prirodno osvjetljenje prostora, stoga se one najčešće ugrađuju u tvorničkim halama.

Pametne prozore možemo podijeliti na elektromatske<sup>14</sup> kojima je glavna zadaća zaštita od

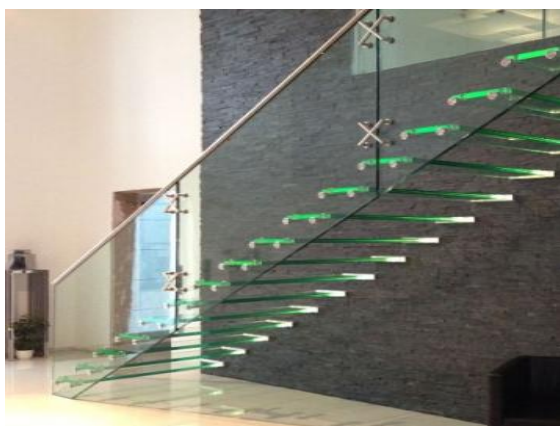
prejake svjetlosti i ušteda energije, zatim na termokromatske<sup>15</sup> koji služe za dovod svjetlosti i uštedu energije te na pametne prozore od likvidnog kristala koji su namijenjeni osiguranju diskrecije. [6]

Slikom 30. prikazana je zgrada koja je u cijelosti „obučena“ u staklenu fasadu, s efektnim koloritom. Slikama 31. i 32. prikazana je upotreba stakla u unutrašnjem uređenju te u izradi uporabnih predmeta.



**Slika 30.** Staklena fasada

*Izvor: <http://lipbec.blogspot.hr/2015/05/the-most-wildly-colorful-buildings-in.html>*



**Slika 31.** Staklene stepenice

*Izvor: [www.adorable-home.com](http://www.adorable-home.com)*



**Slika 32.** Stakleni stol

*Izvor: [www.gomodern.co.uk](http://www.gomodern.co.uk)*

<sup>14</sup>elektromatski prozori – između stakala se nalaze elektrovodiči i elektrode te čine pametne senzore

<sup>15</sup>termokromatski prozori – reagiraju na promjenu temperature tako da se zamagle ili pretvore u reflektivne površine

#### 5.4. Ekološke karakteristike stakla

Rasvjeta prirodnim svjetlom povećava vizualnu udobnost, također, uz estetski ugodan izgled, dobivamo i toplinu sunca, stakleni prozori i stijene omogućuju smanjenje potrošnje energije za dnevnu rasvjetu, a pametni prozori uz to i reguliraju temperaturu u prostoriji.

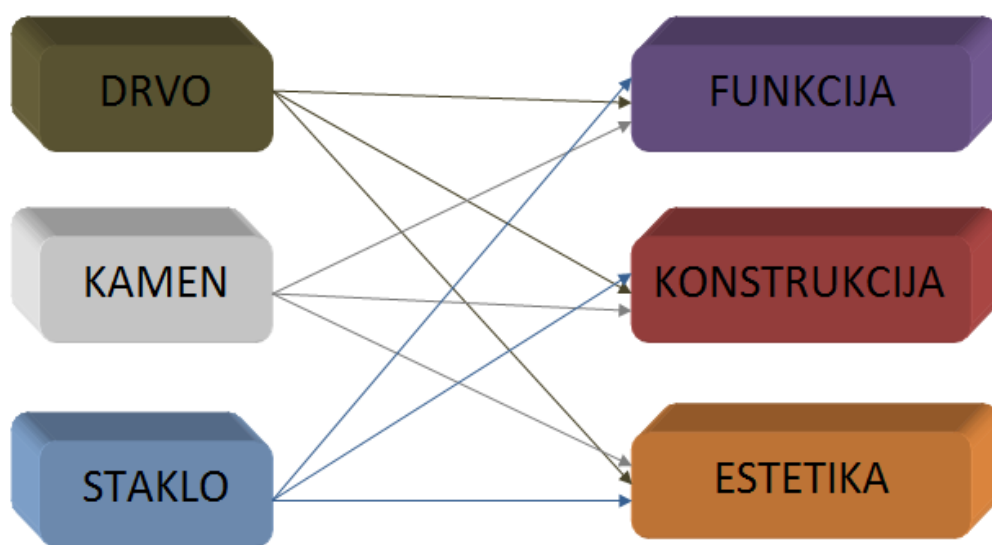
Kao gotov proizvod, staklo ne zagađuje okoliš. Čisto staklo se može reciklirati, na primjer, od recikliranog prozorskog stakla se može proizvesti staklena vuna, njegovih 50 % se iskoristi za novi proizvod. Lamelirano i armirano staklo se ne može reciklirati, ali se sva stakla mogu iskoristiti samljevena kao punila za elastomere kojima se pokriva krov. Upotrebom 1000 kg starog stakla štedi se oko 700 kg pijeska te po 200 kilograma kalcita i sode.

### 6. ODRŽIVA GRADNJA – kuća izgrađena od drveta, kamena i stakla

#### 6.1. Odnos materijala prema funkciji, konstrukciji i estetici

Od svakog ovdje navedenog materijala možemo zasebno sagraditi kuću – dakle, kuću samo od stakla, kuću cijelu od drveta ili kamenu kuću jer i kamen i drvo i staklo imaju uvjete da kući daju funkcionalnost, nosivu konstrukciju i lijep estetski izgled. Međuodnos materijala te njihov odnos prema funkciji, konstrukciji i estetici prikazani su slikom 33.

Sva tri materijala, uz to što su tradicionalni su i prirodni, odnosno ekološki materijali te stoga od njih možemo u svim kombinacijama dobiti održivu kuću.



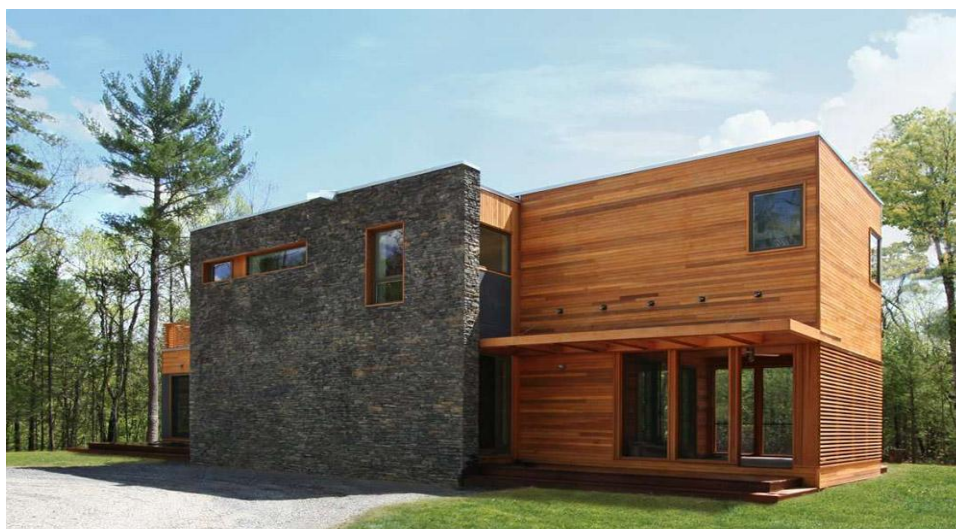
**Slika 33.** Mogućnost korištenja materijala vezano uz funkciju, konstrukciju i estetiku

*Izvor: autorska obrada*



## 6.2. Spoj materijala – međuodnos drvo / kamen / staklo

Kombinacije drveta, kamena i stakla u graditeljstvu koristile su se i u prošlosti, ali na drukčiji način. Današnja tehnologija omogućava da se npr. čak i od stakla može napraviti krov, zid ili pod. Isto tako omogućava znatno šire mogućnosti upotrebe materijala. Kombinacije kamena i drveta su u tradicionalnom graditeljstvu sasvim uobičajena i česta pojava, međutim, današnje mogućnosti daleko nadmašuju nekadašnje, posebno u pogledu načina spajanja različitih vrsta materijala.



**Slika 34.** Fasada od kamena i drveta

*Izvor: [www.6sqft.com/res4s-modern-prefab-home-beautifully-combines-wood-and-stone-in-the-catskills/](http://www.6sqft.com/res4s-modern-prefab-home-beautifully-combines-wood-and-stone-in-the-catskills/)*



**Slika 35.** Kuća s drvenim i staklenim konstrukcijama i detaljima

*Izvor: [www.ofdesign.net/interior-design/contemporary-house-with-wood-facade-cladding-by-studio-9one2-1222](http://www.ofdesign.net/interior-design/contemporary-house-with-wood-facade-cladding-by-studio-9one2-1222)*

Slike 34. i 35. prikazuju funkcionalnost i estetsku privlačnost kombinacije dvaju materijala, drveta i kamena te drveta i stakla. Potpuno suvremeno oblikovanje tradicionalnim materijalima uz pomoć današnje tehnologije ostavlja dojam čistoće izražavanja i rješavanja tehničkih detalja.

Na slici 36. prikazan je detalj kuće gdje se vidi kako se kamen i staklo, po mnogim karakteristikama vrlo različiti materijali, u arhitektonskom rješenju nadopunjuju u konstruktivnom i funkcionalnom smislu dok s estetskog aspekta takvo rješenje pruža vrlo moderan i sofisticiran izgled tradicionalnih materijala na građevini.



**Slika 36.** Zid od kamena i stakla

*Izvor: [www.weburbanist.com](http://www.weburbanist.com)*

Vidljivo je da sva tri materijala - kamen, staklo i drvo - mogu svaki zasebno, ali i u raznim kombinacijama, činiti kuću tako da ispoštuju sve zahtjeve funkcije, konstrukcije i estetike. Pozitivnost analiziranih materijala je u tome što su to tradicionalni građevinski materijali i kao takvi mogu sačiniti održivu kuću koja može imati vrlo efektan izgled.

Na slici 37. prikazana je suvremena kuća locirana u prirodnom okruženju šume te izgrađena od prirodnih, tradicionalnih materijala, kombinacije drveta, kamena i stakla. Pri tome su primijenjena sva pravila suvremene graditeljske struke, poštivani ekološki aspekti, a krajnji rezultat je šarm, toplina, dopadljivost izgrađene zgrade, uz dojam jednostavnosti, a koja u unutaršnjem prostoru zasigurno krije niz implementiranih komponenti suvremenog stanovanja.



**Slika 37.** Kuća sagrađena od stakla, drveta i kamena

*Izvor: [www.e-mieszkanie.pl/a/weekendowy-dom-nad-jeziorem-6138.html](http://www.e-mieszkanie.pl/a/weekendowy-dom-nad-jeziorem-6138.html)*

## 7. ZAKLJUČAK

Na temelju analize osnovnih tehničkih svojstava prirodnih materijala - drveta, kamena i stakla, u skladu s održivim razvojem te održivom gradnjom, može se izgraditi kuća koja će korisniku pružiti svu funkcionalnost potrebnu za suvremeni život, biti konstruktivno ispravna i sigurna te stvoriti ugodnost boravka u unutrašnjem prostoru, a da se pritom koriste prirodni i ekološki materijali.

U dosadašnjoj izgradnji uobičajeno je da je kamen sa svojim svojstvima konstruktivni materijal, a drvo i staklo su funkcionalno-estetski materijali. Međutim, razvojem suvremene tehnologije, svaki od navedenih materijala može preuzeti bilo koju ulogu u izgradnji kuće.

Drvo kao najstariji gradivni element i danas nije izgubio svoju osnovnu konstruktivnu ulogu. Isto tako, sve se više koristi za mnogobrojne funkcionalne predmete, za podne i zidne obloge, za oblaganje fasada i slično. U estetskom pogledu drvo je jedan od najtraženijih materijala, posebno za uređenje unutrašnjosti prostora, zbog prirodnosti i topline koju unosi u prostor te zbog mogućnosti relativno lakog oblikovanja.

Kamen osim konstruktivne uloge ima vrlo važnu ulogu u estetskom pogledu (oblaganje pročelja kuće, uređivanje okućnice i sl.), ali i u funkcionalnom (izuzetno kvalitetni podovi od kamenih ploča, kamene stepenice i sl.). S obzirom na mnogobrojne vrste i podvrste kamena, kreativne mogućnosti su neiscrpne, a krajnji rezultat uvijek može oduševiti.

Staklo je materijal koji omogućava ono što niti jedan drugi tradicionalan materijal ne može - prozirnost, transparentnost. U tom smislu većinom se koristio za otvore na zgradama – prozore i vrata. I danas ta funkcija ostaje primarna, međutim, tehnološkim obradama došlo se do vrlo boljih tehničkih karakteristika stakla pa tako danas staklo može podnositi i vrlo velika opterećenja te stoga predstavlja i konstruktivni materijal. Estetika stakla posebno dolazi do izražaja u suvremenim zgradama zbog mogućnosti postizanja sve većih raspona otvora koji se mogu savladavati samo jednom staklenom plohom čime se pročišćuje estetski dojam i stvara elegancija zgrada.

Za navedene materijale, osim što su tradicionalni, prirodni, lijepi, raznolikih kvalitetnih karakteristika, možemo reći da su i održivi. Njihovim korištenjem ne zagađujemo okolinu, dio su prirode, obnovljivi te ih je moguće reciklirati i ponovno koristiti.



## LITERATURA

- [1] Simović, V. (2002.) Leksikon građevinarstva, Masmedia
- [2] Peulić, Đ. (2013.) Konstruktivni elementi zgrada, Zagreb, Vlastita naklada
- [3] Pletikosi, L. Primjena kamena u graditeljstvu
- [4] Hajdinjak, R. (2009.) Gradimo staklom, Gornja Radgona, REFLEX d.o.o.
- [5] [www.korak.com.hr/korak-034-lipanj-2011-gradenje-konstrukcija-iz-nosivog-stakla-i-trenutno-stanje-propisa-na-tom-podrucju-1-dio/](http://www.korak.com.hr/korak-034-lipanj-2011-gradenje-konstrukcija-iz-nosivog-stakla-i-trenutno-stanje-propisa-na-tom-podrucju-1-dio/), preuzeto 5. srpnja 2017.
- [6] [www.dynamicwindows.com](http://www.dynamicwindows.com), preuzeto 21. studenoga 2016.
- [7] Zbašnik Senegačnik, M. (2009.) Pasivna kuća, Sunarh
- [8] Gojković, M.; Stojić, D. (2001.) Drvene konstrukcije, Grosknjiga
- [9] Berge, B. (2009.) The ecology of building materials, Croydon, CPI Group
- [10] Radić, J. (2003.) Uvod u graditeljstvo, Školska knjiga

**Popis slika**

<b>Slika 1.</b> Tradicijska kuća u Varaždinskim Toplicama .....	<b>5</b>
<b>Slika 2.</b> Suvremena kuća izgrađena od kamena, drveta i stakla u Češkoj .....	<b>6</b>
<b>Slika 3.</b> Zemunica .....	<b>8</b>
<b>Slika 4.</b> Sojenica .....	<b>8</b>
<b>Slika 5.</b> Presjek debla jele .....	<b>9</b>
<b>Slika 6.</b> Presjek debla smreke .....	<b>10</b>
<b>Slika 7.</b> Presjek debla bora.....	<b>10</b>
<b>Slika 8.</b> Presjek debla ariša .....	<b>11</b>
<b>Slika 9.</b> Presjek debla hrasta .....	<b>12</b>
<b>Slika 10.</b> Presjek debla bukve .....	<b>12</b>
<b>Slika 11.</b> Kuća napravljena od drveta .....	<b>14</b>
<b>Slika 12.</b> Dnevna soba s drvenim detaljima.....	<b>15</b>
<b>Slika 13.</b> Kuhinjski elementi od drveta.....	<b>15</b>
<b>Slika 14.</b> Vaza .....	<b>15</b>
<b>Slika 15.</b> Zidni sat .....	<b>15</b>
<b>Slika 16.</b> Kuhača .....	<b>15</b>
<b>Slika 17.</b> Djoserova piramida.....	<b>16</b>
<b>Slika 18.</b> Vrste granita .....	<b>18</b>
<b>Slika 19.</b> Vrste mramora .....	<b>18</b>
<b>Slika 20.</b> Karta regija s obzirom na postojanje ležišta arhitektonsko-građevnog kamena.....	<b>19</b>
<b>Slika 21.</b> Bijeli brački kamen.....	<b>20</b>
<b>Slika 22.</b> Kameni detalji na fasadi .....	<b>20</b>
<b>Slika 23.</b> Imitacija kamena.....	<b>20</b>
<b>Slika 24.</b> Vulkansko staklo .....	<b>22</b>
<b>Slika 25.</b> Obično staklo .....	<b>23</b>

<b>Slika 26.</b> Presjek nisko-emisijskog stakla.....	24
<b>Slika 27.</b> Presjek izolacijskog stakla.....	24
<b>Slika 28.</b> Staklene grede.....	25
<b>Slika 29.</b> The Glass House by Philip Johnson, New Canaan.....	26
<b>Slika 30.</b> Staklena fasada .....	27
<b>Slika 31.</b> Staklene stepenice.....	27
<b>Slika 32.</b> Stakleni stol .....	27
<b>Slika 33.</b> Mogućnost korištenja materijala vezano uz funkciju, konstrukciju i estetiku .....	28
<b>Slika 34.</b> Fasada od kamena i drveta.....	29
<b>Slika 35.</b> Kuća s drvenim i staklenim konstrukcijama i detaljima.....	29
<b>Slika 36.</b> Zid od kamena i stakla.....	30
<b>Slika 37.</b> Kuća sagrađena od stakla, drveta i kamena .....	31

## **Popis tablica**

<b>Tablica 1.</b> Tehnička svojstva drveta .....	13
<b>Tablica 2.</b> Tehnička svojstva kamena.....	21
<b>Tablica 3.</b> Tehnička svojstva stakla.....	26